



SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

**EXCAVACIONES
EN ZONAS URBANAS**

A MAYOR PROFUNDIDAD

PAULA CHAPPLE C.
PERIODISTA REVISTA BIT

— Debido a la mayor escasez de terrenos en zonas urbanas, los nuevos desarrollos como líneas de metro, obras viales interurbanas, edificios, comercios, entre otros, se han ido construyendo en zonas con condiciones geotécnicas cada vez más complejas, que obligan a afrontar retos importantes.



E

XISTEN variados desafíos para las excavaciones profundas que surgen de los cambios urbanísticos que experimentan las ciudades.

En el caso de Santiago, se observa los últimos años un crecimiento importante del desarrollo urbano subterráneo, expresado en nuevas líneas de Metro, autopistas, estacionamientos y un incremento en el número de edificios con cinco o más subterráneos.

El sur del país es un caso de excepción. Es significativo que algunas ciudades, emplazadas en zonas lacustres o humedales, tradicionalmente no eran elegidas para los desarrollos urbanos, ya que la complejidad del suelo desaconsejaba fundar o excavar en esas zonas. Hoy, con el desarrollo masivo de los núcleos urbanos, es frecuente encontrarse con situaciones en las que hay que edificar, incluso en esos suelos.

Escenario que genera un desafío para la coordinación de los proyectos de excavaciones profundas, ya que se debe conocer con claridad las restricciones que impondrán las estructuras subterráneas adyacentes.

Si bien no hay consenso respecto a qué profundidad define que una excavación sea considerada profunda, se puede establecer algunas profundidades: 15 metros para gravas, 6 metros para arenas y 10 metros para limos y arcillas.

En la actualidad el desarrollo subterráneo es muy importante y las técnicas de entibación y excavación permiten alcanzar profundidades de más de 30 m para albergar, en ocasiones, edificios con una construcción subterránea igual o más profunda que lo que se construye en superficie. En México, Europa, y el sudeste asiático por ejemplo, es muy común encontrar excavaciones de más de 45 m, incluso bajo el nivel freático. Una faena a mayor profundidad.

PRINCIPALES TÉCNICAS

Tradicionalmente en Chile se han empleado las pilas excavadas a mano y los pilotes, fundamentalmente en Santiago, y en aquellas zonas en las que el suelo es muy competente. En general, ambos se combinan con anclajes de cable postensados.

Como alternativa también es muy empleado el soil-nailing, tradicional combinación de pernos y shotcrete aplicada sobre taludes y/o cortes verticales.

No hay que pasar por alto el empleo de la pared moldeada, cada vez más frecuente en Chile en zonas con importante presencia de agua y en cualquier tipo de suelo. Aquí suelen combinarse con anclajes de cable.

También los muros berlíneses son un buen referente en Chile. Se trata de una contención discontinua, generalmente temporal, que se fundamenta en el empleo de perfiles metálicos hincados por vibración en el terreno, los cuales se arriostan mediante anclajes para compensar los empujes. Estos últimos algunas veces mal empleados en suelos con presencia de agua, requiriendo sistemas de bombeo importantes y, en consecuencia, ocasionando daños al entorno.

Hay algunas experiencias de contenciones mediante cortinas de micropilotes verticales, y también el empleo de jet-grouting.



ASPECTOS A CONSIDERAR

Los proyectos de excavaciones profundas son complejos debido a los muchos aspectos que interactúan en su desarrollo, los que influyen en su éxito o fracaso. A continuación, se mencionan algunos considerados relevantes que muchas veces conllevan a errores.

ANTECEDENTES

Gran parte de las veces, el desarrollo de un proyecto de construcción está controlado por plazos de inicio de obras que obligan a comenzar las excavaciones sin haber permitido la generación de la información definitiva para el desarrollo completo de un proyecto de entibación. Los antecedentes de exploración geotécnica del terreno, son en ocasiones insuficientes o deficientes. Esto obligaría a rediseñar parcial o totalmente, durante la ejecución de las excavaciones, con la incertidumbre e inseguridad que ello involucra. Otro aspecto que podría inducir

errores, de acuerdo a los expertos consultados, sería la información insuficiente o inexistente sobre servicios que pasan cerca de las entibaciones (trazado de alcantarillados, acueductos, tuberías de agua, gas, entre otros), estructuras vecinas o incluso usos previos del suelo en que se desarrollará la entibación.

INSPECCIÓN

Muchos de los aspectos antes mencionados pueden ser detectados si existe una adecuada inspección por parte del proyectista durante la ejecución de una obra. Es un error que el proceso de inspección de una obra no incorpore también visitas de los proyectistas para verificar si las consideraciones de diseño se cumplen. De esta forma, su incumplimiento se podría detectar y resolver antes de transformarse en deficiencias de seguridad o de diseño. Sin perjuicio de lo anterior, otro error común es que, en ciertos proyectos, quienes están a cargo de la ejecución de las excavaciones tienen poca comprensión de las implicaciones en el incumplimiento de las hipótesis y restricciones de diseño. Como consecuencia de ello, se podrían tomar decisiones unilaterales (sin consultar a proyectista) que afectan el diseño sin evaluar en profundidad el alcance de ello.

DISEÑO

Un aspecto que puede llevar a errores en el diseño es la entrega de antecedentes incompletos en las diferentes fases de diseño. Esto podría llevar a confusión en el traspaso e interpretación de la información, con lo cual es posible que se arrastren consideraciones de antecedentes previos. Otro conflicto son las condiciones de diseño no informadas al momento de entregar el proyecto de entibación en condición final, apto para construcción, tales como presencia de grúas, ubicación de zonas de acopio, requerimiento de plataformas para instalación de faenas, apoyo de bombas y camiones para hormigonado, etcétera.

INTERACCIÓN ENTRE ESPECIALIDADES

Muchos errores se producen por falta de interacción entre las diversas áreas que trabajan en una obra o bien por falta de interacción entre las especialidades involucradas en un proyecto de ingeniería (cálculo, arquitectura, topografía, mecánica de suelos). La falta de interacción entre quien ejecuta una excavación y quien la diseña puede afectar el correcto desarrollo de la misma. Un ejemplo claro de la interacción entre ambas áreas es el destensado de anclajes, proceso que debe realizarse solamente cuando las condiciones de arriostamiento de la entibación cumplan con lo considerado en diseño y no solamente cuando la presencia de vigas longuerinas o anclajes en pilas represente una incomodidad en obra.

FACTORES TÉCNICOS

La elección del tipo de sistema de entibación tiene varios factores más allá de la altura y temporalidad de este procedimiento, que influyen en su elección.

Uno de los principales factores es el tipo de suelo. Las propiedades geotécnicas del suelo influyen en el diseño y la ejecución del proyecto de entibación, y en el comportamiento del suelo durante la excavación masiva. Por lo tanto, en etapas tempranas de cada proyecto, es importante definir una completa exploración geotécnica que permita la correcta caracte-





ENSAYOS GEOTÉCNICOS

Para el desarrollo de la ingeniería de detalles de un proyecto de entibación de excavación profunda, se requiere una adecuada caracterización del suelo de fundación a realizarse mediante una exploración geotécnica. Esta definirá las bases de diseño y ratificará las alternativas de excavaciones profundas en términos de factibilidad de costos e idoneidad para el proyecto. Dentro de los ensayos in situ que se pueden realizar en la etapa de exploración geotécnica son: Sondaje con medición SPT, Cono Dinámico, CPT, Mediciones geofísicas, entre otros.

Una vez realizada la caracterización y previo a la construcción se recomienda la ejecución de ensayos de carga en anclajes o pernos en la profundidad de diseño, para determinar la resistencia de los mismos en el suelo.

Durante la construcción se recomienda que se verifiquen las condiciones de diseño, tales como: tipo de suelo y deformaciones, mediante un sistema de monitoreo que permita validar el diseño.

Además, que se realicen ensayos de integridad como por ejemplo: PIT test (Pile Integrity) a elementos hormigonados in situ, entre otros factores constructivos.



GENTILEZA KELLER TECNOLOGÍA Y GEOTECNIA

SEGURIDAD

Durante la ejecución de una obra se requiere de un riguroso control de seguridad. Si esto no se ejecuta adecuadamente puede generar accidentes o deficiencias en el diseño que resulten en condiciones inseguras y, eventualmente, en accidentes. Un ejemplo es la excavación manual de pilas. El personal que realiza este tipo de actividades debe ser evaluado y las medidas de seguridad en terreno controladas para evitar el riesgo para la vida de las personas. Otro aspecto de importancia es el no cumplimiento de las condiciones de diseño, lo cual lleva también a condiciones potencialmente inseguras.

rización del suelo y definición de parámetros.

Otra cuestión importante es el efecto del agua freática en las excavaciones. Esto es determinante en la ejecución por ejemplo de anclajes bajo la cota de la napa freática. Una incorrecta ejecución, puede ocasionar arrastres de finos que se traduzcan en asentamientos en las estructuras, servicios públicos y obras viales, ubicados en el trasdós de las contenciones.

Las estructuras existentes dentro del sitio y en los sitios vecinos influyen en la elección del sistema de entibación. El proyecto de entibación tiene que asegurar la integridad estructural de estructuras vecinas para condición de excavación delante de ellas y ante la presencia de sismos, controlando deformaciones, por lo tanto la estructura de contención tiene que ser capaz de resistir los esfuerzos internos que se generan producto de la presencia de estructuras vecinas y ser lo suficientemente dúctil como para tener deformaciones dentro de lo que sea tolerable para cada proyecto. La existencia de subterráneos en estructuras vecinas también influye en el diseño, por lo que se planificar con anterioridad la ejecución de los anclajes y evitar interferencias directas.

De acuerdo a los expertos consultados, cada vez es más común ver proyectos donde se exige que la deformación sea de determinado valor, justamente para evitar asentamientos con la estructura vecina.

Ligado a lo anterior, otro factor determinante es el reacondicionamiento o reutilización de suelos ya edificados, en los que se decide acometer un proyecto de mayor envergadura, con mayor número de pisos en altura y subterráneos. Esto sucede muy frecuentemente en zonas urbanas altamente densificadas, tanto en población como en servicios y edificaciones colindantes, de modo que cualquier intervención debe ser meticulosa para evitar afectaciones. En otras ocasiones, es necesario intervenir cerca o incluso dentro de edificios históricos o que gozan de alguna protección cultural/patrimonial especial, con lo que las dificultades son aún mayores.

Adicionalmente, en los casos en los que se utilizan anclajes de cable postensados u otros elementos como pernos o barras, es muy importante el control de calidad y la realización de ensayos de aceptación y control, e incluso investigación en proyectos singulares, para garantizar que dichos sistemas se ejecuten correctamente y cumplan su misión. ■



PESO DE LOS EQUIPOS

En la actualidad, los grandes proyectos de excavación profunda deben cumplir con una indicación adjunta en la RCA (del Ministerio de Medioambiente), que señala la obligatoriedad de controlar el peso de los vehículos que salen con carga de obra, para su circulación en las vías, esto de acuerdo a las normativas de Vialidad del MOP. Uno de los primeros proyectos en adoptar dicha indicación es el Hospital El Salvador. En las salidas del proyecto se instalan balanzas o romanas, para verificar si el camión está cumpliendo con la distribución de peso por eje. Esto marca un hito porque la forma de excavar y de retirar el material de la excavación cambia radicalmente. La costumbre a la fecha era sacar rápidamente el material excavado, en camiones de gran tonelaje, ahora éstos tendrán que ser más compactos.

ANCLAJES EXTRAÍBLES

Hay que destacar los cambios normativos, medioambientales y de sensibilidad social. Por ejemplo, hay algunos países en los que los anclajes están siendo motivo de controversia, en términos de ocupación de suelos perimetrales que son propiedad de terceros. Eso está incidiendo, por ejemplo, en el desarrollo de sistemas de entibación sin anclajes, tipo Top-Down. Chile no es la excepción.

APLICACIÓN DE BIM

Las interferencias entre especialidades es un gran desafío en obras de gran envergadura, para lo cual es muy recomendable la utilización de modelación BIM del proyecto, donde se incluya el proyecto de entibación.

COLABORADORES

- Óscar Taiba, gerente de ingeniería de Ferrara Proyectos Especiales.
- Marcelo Zelada, gerente de desarrollo de Soletanche-Bachy.
- Pierre Krop, subgerente de desarrollo de Soletanche-Bachy.
- Manuel Pinilla, director general de Keller Cimentaciones Chile.

EJECUCIÓN DE PILOTES DE GRAN DIÁMETRO



FERRARA
PROYECTOS ESPECIALES

PROYECTOS,
EXPLORACIONES Y
OBRAS GEOTÉCNICAS